

## PROCÉDE DE REALISATION D'UN CABLE OPTIQUE ET MACHINE ASSOCIEE

L'invention concerne le domaine des procédés de réalisation d'un câble de transmission optique ainsi que le domaine des machines permettant la mise en œuvre desdits procédés. Les câbles de transmission optique considérés sont réalisés à partir d'une part d'un ou de plusieurs tubes comportant chacun une ou plusieurs fibres optiques disposées à l'intérieur et d'autre part à partir d'éléments de renforcements à base par exemple de fils métalliques. Le procédé selon l'invention est particulièrement intéressant pour la réalisation des câbles aériens.

Selon un premier art antérieur, il est connu de réaliser des câbles dans lequel le tube à fibres optiques occupe une position périphérique. Ce type de câble, assez complexe, est réalisé à l'aide d'une machine planétaire. Un inconvénient de la machine planétaire est sa productivité relativement faible provenant d'une vitesse maximale de rotation relativement basse.

Selon un deuxième art antérieur, il est connu de réaliser des câbles dans lequel le tube à fibres optiques occupe une position centrale. Ce type de câble, plus simple, est réalisé soit à l'aide d'une machine planétaire soit à l'aide d'une machine tubulaire dont la productivité est plus élevée que celle d'une machine planétaire car sa vitesse de rotation est plus élevée. La mise en œuvre et le fonctionnement d'une machine tubulaire est plus complexe et plus délicat que celui d'une machine planétaire, aussi est-elle réservée aux types de câbles plus complexes.

La figure 1 représente schématiquement la section d'un exemple de câble présentant une couche périphérique et dont l'élément central est un tube comportant plusieurs fibres optiques. Un tube 1 métallique comporte un ensemble de fibres optiques 2. Une couche périphérique d'éléments 3 de renforcement entoure le tube 1, les éléments 3 de renforcement étant torsadés autour du tube 1. Le câble représenté sur la figure 1 est un câble à tube central.

La figure 2 représente schématiquement la vue de profil d'une portion d'un exemple de ligne de production de câble utilisant une machine tubulaire. Une machine tubulaire MT comporte plusieurs bobines, par exemple une dizaine, numérotées de B1 à B10. Sur chacune de ces bobines B1 à B10 est enroulé un élément 3 de renforcement. Une bobine supplémentaire B11 est située en amont de la machine tubulaire MT. Le sens amont aval est le sens de progression du câble de transmission optique lors de sa réalisation. Sur la bobine supplémentaire

B11 est enroulé le tube 1 à l'intérieur duquel sont disposées les fibres optiques 2. Soit a l'axe de symétrie du cylindre constitué par la structure de la machine tubulaire, a est également l'axe de progression du câble lors de sa réalisation, l'axe a est représenté en traits mixtes. En aval de la machine tubulaire MT se trouvent successivement un cabestan C puis une bobine de stockage BS sur laquelle est stockée le câble de transmission optique. Le cabestan C ainsi que les bobines B11 et BS représentées sur la figure 2 tournent dans le sens des aiguilles d'une montre. L'axe des bobines B1 à B10 est perpendiculaire avec l'axe a de la machine tubulaire MT. La machine tubulaire MT tourne sur son axe a suivant la flèche VR. Entre la machine tubulaire MT et le cabestan C se trouve la tête T de préformation au niveau de laquelle se rassemblent les fils F, constitués par les éléments 3 de renforcement et par le tube 1 à fibres optiques 2. Lorsque ce type de câble est réalisé à l'aide d'une machine tubulaire MT, la bobine B11 de tube 1 à fibres optiques 2 est située en amont et à l'extérieur de la machine tubulaire MT. Le tube 1, lorsqu'il se dévide, est guidé à l'extérieur de la machine tubulaire MT le long de la machine tubulaire MT tout comme les éléments 3 de renforcement lorsqu'ils se dévident des bobines B1 à B10. Des dispositifs de guidage, connus en soi et non représentés sur la figure 2 pour des raisons de clarté, permettent ledit guidage le long de la machine tubulaire MT. Les éléments 3 de renforcement et le tube 1, symbolisés par des fils F, sont rassemblés au niveau de la tête T de préformation pour former le câble ou au moins une partie du câble lorsque celui-ci comporte plusieurs couches périphériques. A sa sortie de la tête T de préformation, le câble passe ensuite sur le cabestan C avant d'être enroulé sur la bobine de stockage BS.

25 Selon un troisième art antérieur, pour la réalisation d'un câble de transmission optique dont le tube central à fibres optiques présente une section nettement plus épaisse que les éléments de renforcement, il est connu d'utiliser une machine tubulaire comportant une excroissance à son extrémité aval, ladite excroissance contenant la grande bobine destinée à recevoir le tube 1 à fibres  
30 optiques 2 lequel tube 1 sera disposé au centre du câble de transmission optique ainsi réalisé.

Dans les différents arts antérieurs présentés, soit le câble à transmission optique est de type simple, c'est-à-dire présente un tube central à fibres optiques, et ledit câble peut être réalisé à l'aide d'une machine tubulaire, soit le câble à transmission optique est de type complexe, c'est-à-dire présente au moins un tube à fibres optiques qui est torsadé autour d'un élément central de renforcement, et

ledit câble est réalisé à l'aide d'une machine planétaire. Or les machines planétaires ont une productivité nettement plus faible que les machines tubulaires car leur vitesse maximale de rotation est nettement inférieure à celle des machines tubulaires.

5 L'objet de l'invention concerne surtout les câbles de type complexe, c'est-à-dire ceux dans lesquels le tube à fibres optiques est torsadé autour d'un élément central de renforcement. Pour ce type de câble, réalisé dans l'art antérieur à l'aide d'une machine planétaire, la productivité reste relativement faible. L'invention propose de réaliser ce type de câble complexe à l'aide d'une machine tubulaire  
10 que sa relative complexité semblait réserver à la réalisation des câbles plus simples à tube central à fibres optiques.

Selon l'invention, il est prévu un procédé de réalisation d'un câble de transmission optique à partir d'une part d'au moins un tube à l'intérieur duquel  
15 sont disposées plusieurs fibres optiques et d'autre part d'éléments de renforcement, l'un des éléments de renforcement, appelé élément central de renforcement, étant disposé au centre du câble, certains éléments de renforcement, appelés éléments de renforcement périphériques, et le tube étant torsadés autour de l'élément central de renforcement à l'aide d'une machine tubulaire de manière à former une couche périphérique autour de cet élément  
20 central de renforcement, les éléments de renforcement périphériques et le tube ayant des diamètres suffisamment proches pour que la couche périphérique soit homogène.

Afin de mettre en œuvre ce procédé, il est prévu une machine tubulaire particulière spécialement adaptée à la mise en œuvre dudit procédé de réalisation  
25 des câbles à tube à fibres optiques torsadé autour d'un élément central de renforcement. Ladite machine tubulaire particulière peut toutefois également servir à réaliser plus aisément des câbles à tube central à fibres optiques.

Selon l'invention, il est également prévu une machine tubulaire de réalisation de câble de transmission optique, comportant plusieurs bobines situées  
30 à l'intérieur de la machine tubulaire, caractérisée en ce que, entre l'ensemble des bobines d'une part et une extrémité de la machine tubulaire d'autre part, sont situés un bac à graisse et un dispositif de guidage disposés de manière à ce que l'élément se dévidant de la bobine la plus proche du bac à graisse passe dans le bac à graisse avant de sortir par l'extrémité de la machine tubulaire.

35

L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

- la figure 1 représente schématiquement la section d'un exemple de câble  
5 présentant une couche périphérique et dont l'élément central est un tube comportant plusieurs fibres optiques ;
- la figure 2 représente schématiquement la vue de profil d'une portion d'un exemple de ligne de production de câble selon l'art antérieur utilisant une machine tubulaire ;
- 10 - la figure 3 représente schématiquement la vue de profil d'une portion d'un exemple de ligne de production de câble selon l'invention utilisant une machine tubulaire selon l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement la section d'un exemple de câble présentant deux couches périphériques et dont l'élément central est un élément de  
15 renforcement ;
- la figure 5 représente schématiquement la section d'un autre exemple de câble présentant deux couches périphériques et dont l'élément central est un élément de renforcement ;
- la figure 6 représente un détail de la figure 3, correspondant à la partie  
20 de la machine tubulaire MT comportant la bobine B9 et le bac de graisse BG.

Pour la réalisation de câbles de transmission optique dont le ou les tubes à fibres optiques sont torsadés autour d'un élément central de renforcement qui peut lui-même être constitué de plusieurs éléments de renforcement assemblés  
25 ensemble, le procédé de réalisation selon l'invention utilise une machine tubulaire au contraire de l'art antérieur qui utilisait une machine planétaire.

Or les machines planétaires dont le diamètre va jusqu'à environ 3,5m peuvent tourner jusqu'à environ 100 tours par minute, tandis que les machines tubulaires dont le diamètre reste au voisinage de 1m peuvent tourner jusqu'à des  
30 vitesses de l'ordre de 300 à 500 tours par minute selon les cas. Cette vitesse de rotation beaucoup plus importante permet aux machines tubulaires d'avoir une productivité nettement supérieure à celle des machines planétaires. Ce gain de productivité est particulièrement intéressant dans le cas de la réalisation de câbles aériens dont les hélices autour de l'élément central présentent un pas en moyenne  
35 nettement plus faible que celui des câbles terrestres ou sous-marins. En effet, les câbles aériens sont torsadés avec un pas relativement faible destiné à assurer aux

fibres optiques qu'ils contiennent un degré de liberté leur permettant de supporter les contraintes d'étirement auxquelles lesdits câbles seront soumis une fois posés, ces contraintes étant nettement plus importantes que dans le cas de câbles terrestres ou sous-marins. Ces câbles aériens sont de préférence des câbles de phase ou bien des câbles de garde appelés OPGW (pour « fiber optic cables in overhead ground wires » en terminologie anglo-saxonne). Typiquement, pour un pas d'hélice valant par exemple 80mm, la vitesse linéaire de réalisation du câble de transmission optique vaut environ 6m par minute lorsqu'une machine planétaire est utilisée et environ 24m par minute lorsqu'une machine tubulaire est utilisée, soit un gain en productivité d'environ un facteur quatre. Le procédé selon l'invention peut toutefois également être utilisé avec certains câbles terrestres et certains câbles sous-marin à faible fond.

En reprenant la figure 2, dans le cas d'une machine tubulaire selon l'invention représentée sur la figure 3, la bobine B11 est avantageusement supprimée, tandis que le tube 1 est enroulé sur l'une des bobines B1 à B8. Le nombre de bobines choisi n'est qu'un exemple, il n'est absolument pas limitatif, il dépend en fait de l'application considérée et du type de câble à transmission optique qui est réalisé. Sur la bobine B9 est enroulé l'élément central de renforcement qui lorsqu'il se déroule passe dans le bac de graisse BG à l'aide d'un dispositif de guidage classique en soi pour ressortir par le centre de l'extrémité de la machine tubulaire MT sous la forme d'un élément central de renforcement graissé ECRG. Les autres parties de la figure 3 sont semblables à celles décrites au niveau de la figure 2. Au lieu de se dérouler de la bobine B11 qui n'a donc plus lieu d'être, d'être guidé le long de la machine tubulaire MT, pour être ramené dans une position centrale au niveau de la tête T de préformation, l'élément central de renforcement est d'abord déroulé d'une bobine située dans la machine tubulaire MT selon l'invention, par exemple B8, passe ensuite dans un bac de graisse BG également situé dans ladite machine tubulaire MT, puis sort, graissé, par l'extrémité aval de ladite machine tubulaire MT. Dans la machine tubulaire selon l'art antérieur, le guidage du tube central à fibres optiques le long de la machine tubulaire dans un dispositif de guidage, par exemple un tube plus grand, demandait des efforts importants pour vaincre les frictions de la graisse dans le dispositif de guidage. Par contre, dans la machine tubulaire selon l'invention, la disposition, au niveau de l'extrémité aval de la machine tubulaire, du bac à graisse, réduit beaucoup le trajet de l'élément de renforcement qui est graissé, ledit élément de renforcement étant de préférence

l'élément central de renforcement qui se trouve ainsi bien placé à la sortie de la machine tubulaire selon l'invention car il est enroulé sur la bobine la plus proche du bac à graisse, il peut alors progresser de façon rectiligne jusqu'à la tête T de préformation. La machine tubulaire selon l'invention représentée à la figure 3 peut également être utilisée pour la réalisation de câbles de transmission optique à tube central à fibres optiques ; dans ce cas, c'est ledit tube qui se trouve enroulé sur la bobine B9 et qui va passer dans le bac de graisse BG avant de ressortir par l'extrémité de la machine tubulaire. De préférence, toutes les bobines de la machine tubulaire selon l'invention ont la même taille de manière à ce que la machine tubulaire conserve un diamètre constant le long de son axe a.

La figure 6 représente un détail de la figure 3, correspondant à la partie de la machine tubulaire MT comportant la bobine B9 et le bac de graisse BG. L'élément central de renforcement ECR quitte la bobine B9 d'axe a9, passe sur une poulie P, traverse le bac de graisse BG en entrant par une ouverture O1 et en sortant par une ouverture O2, les ouvertures O1 et O2 étant de préférence étanches pour éviter que la graisse coule hors du bac de graisse BG. Un système de poulies supplémentaires amenant l'élément central de renforcement ECR au-dessus du bac de graisse BG permet de se passer des ouvertures O1 et O2. A partir de là, l'élément central de renforcement graissé ECRG sort de la machine tubulaire MT pour passer dans la tête T de préformation par l'intermédiaire de laquelle il est associé aux fils F pour constituer le câble ou la partie de câble CA.

L'invention concerne aussi un système de réalisation d'un câble de transmission optique comportant au moins deux couches périphériques, une couche périphérique intérieure et une couche périphérique extérieure, la couche 25 périphérique extérieure étant torsadée autour de la couche périphérique intérieure, lequel système met en œuvre le procédé selon l'invention, de préférence en utilisant la machine tubulaire selon l'invention.

Un tel exemple de câble est notamment donné à la figure 4 qui représente schématiquement la section d'un exemple de câble présentant deux couches périphériques et dont l'élément central est un élément de renforcement. Le câble présente un élément central de renforcement 4 autour duquel sont torsadés les éléments de la couche périphérique intérieure, à savoir d'une part le tube 1 à fibres optiques 2 et d'autre part les éléments de renforcement 3. Autour de cette couche périphérique intérieure sont torsadés préférentiellement en sens inverse les éléments de la couche périphérique extérieure, à savoir les éléments de renforcement 5 qui peuvent être différents des éléments de renforcement 3.

Un autre exemple de câble est notamment donné à la figure 5 qui représente schématiquement la section d'un exemple de câble présentant deux couches périphériques et dont l'élément central est un élément de renforcement. Le câble présente un élément central de renforcement 4 autour duquel sont torsadés les éléments de la couche périphérique intérieure, à savoir d'une part deux tubes 1 à fibres optiques 2 répartis symétriquement de part et d'autre de l'élément central de renforcement 4 et d'autre part les éléments de renforcement 3. Autour de cette couche périphérique intérieure sont torsadés préférentiellement en sens inverse les éléments de la couche périphérique extérieure, à savoir les éléments de renforcement 5 qui peuvent être différents des éléments de renforcement 3.

Dans un exemple pratique correspondant au câble de la figure 5, l'élément central de renforcement 4 est, soit un fil d'acier revêtu d'aluminium (ACS pour « Aluminium Clad Steel wire » en terminologie anglo-saxonne) soit un fil d'acier galvanisé, de 3,75mm de diamètre, les tubes 1 sont des tubes métalliques dont le diamètre est compris entre 3mm et 3,4mm, et qui comprennent chacun 48 fibres optiques SMF, les éléments de renforcement 3 sont, soit des fils d'acier revêtus d'aluminium soit des fils d'acier galvanisé, de 3,5mm de diamètre, les éléments de renforcement 5 sont des fils en alliage d'aluminium (« AA wire » en terminologie anglo-saxonne) de 4mm de diamètre.

Dans cet exemple pratique de câble représenté à la figure 5, la couche périphérique intérieure a été réalisée à l'aide d'une machine tubulaire selon l'invention tournant environ à 300 tours par minute et la couche périphérique extérieure a été réalisée à l'aide d'une machine planétaire, la machine tubulaire et la machine planétaire étant disposées l'une à la suite de l'autre. Les deux couches périphériques peuvent également être réalisées à l'aide de deux machines tubulaires disposées l'une à la suite de l'autre. Ledit câble peut également être réalisé en deux étapes distinctes, lorsque les machines utilisées, soit deux tubulaires soit une tubulaire puis une planétaire, ne sont pas disposées l'une à la suite de l'autre dans l'usine de fabrication de câble. Dans tous les cas, de préférence, les deux machines tournent en sens inverse l'une de l'autre. Dans l'art antérieur, le type de câble représenté à la figure 5 était réalisée avec une machine planétaire à double cage, la productivité étant alors limitée par la vitesse de rotation de la cage qui tourne la moins vite ainsi que par le pas de câblage.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de réalisation d'un câble de transmission optique à partir d'une part d'au moins un tube (1) à l'intérieur duquel sont disposées plusieurs fibres optiques (2) et d'autre part d'éléments de renforcement (3,4,5), l'un des éléments de renforcement, appelé élément central de renforcement (4), étant disposé au centre du câble, certains éléments de renforcement, appelés éléments de renforcement périphériques (3), et le tube (1) étant torsadés autour de l'élément central de renforcement (4) à l'aide d'une machine tubulaire de manière à former une couche périphérique autour de cet élément central de renforcement (4), les éléments de renforcement périphériques (3) et le tube (1) ayant des diamètres suffisamment proches pour que la couche périphérique soit homogène.

2. Procédé de réalisation d'un câble de transmission optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément central de renforcement (4) est d'abord déroulé d'une bobine (B1 à B8) située dans la machine tubulaire, passe ensuite dans un bac de graisse (BG) également situé dans la machine tubulaire, puis sort par une extrémité de la machine tubulaire.

3. Procédé de réalisation d'un câble de transmission optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le câble de transmission optique est un câble aérien.

4. Procédé de réalisation d'un câble de transmission optique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le câble de transmission optique est un câble de garde ou un câble de phase.

5. Machine tubulaire de réalisation de câble de transmission optique, comportant plusieurs bobines (B1 à B9) situées à l'intérieur de la machine tubulaire, caractérisée en ce que, entre l'ensemble des bobines (B1 à B9) d'une part et une extrémité de la machine tubulaire d'autre part, sont situés un bac à graisse (BG) et un dispositif de guidage disposés de manière à ce que l'élément se dévidant de la bobine la plus proche (B9) du bac à graisse (BG) passe dans le bac à graisse (BG) avant de sortir par l'extrémité de la machine tubulaire.



6. Machine tubulaire selon la revendication 5, caractérisée en ce que la bobine la plus proche (B9) du bac à graisse (BG) est destinée à recevoir l'élément central de renforcement (4).

5 7. Machine tubulaire selon les revendications 5 à 6, caractérisée en ce que toutes les bobines (B1 à B9) ont la même taille de manière à ce que la machine tubulaire conserve un diamètre constant.

8. Système de réalisation d'un câble de transmission optique comportant  
10 au moins deux couches périphériques, une couche périphérique intérieure et une couche périphérique extérieure, la couche périphérique extérieure étant torsadée autour de la couche périphérique intérieure, mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, de préférence en utilisant la machine tubulaire selon l'une quelconque des revendications 5 à 7.

15

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que les deux couches périphériques sont réalisées à l'aide de deux machines tubulaires disposées l'une à la suite de l'autre.

20

10. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que les deux couches périphériques sont réalisées en deux étapes distinctes à l'aide de deux machines tubulaires.

25

11. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche périphérique intérieure est réalisée à l'aide d'une machine tubulaire et en ce que la couche périphérique extérieure est réalisée à l'aide d'une machine planétaire, la machine tubulaire et la machine planétaire étant disposées l'une à la suite de l'autre.

30

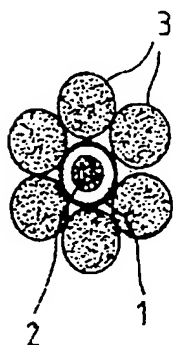
12. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche périphérique intérieure est réalisée au cours d'une première étape à l'aide d'une machine tubulaire et en ce que la couche périphérique extérieure est réalisée au cours d'une deuxième étapes distincte de la première étape à l'aide d'une machine planétaire.

35

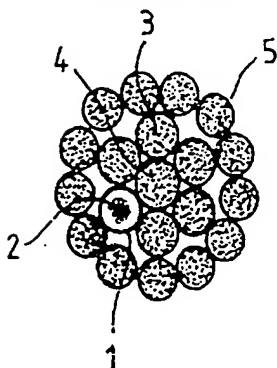
13. Système selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que les deux machines tournent en sens inverse l'une de l'autre.

1/2

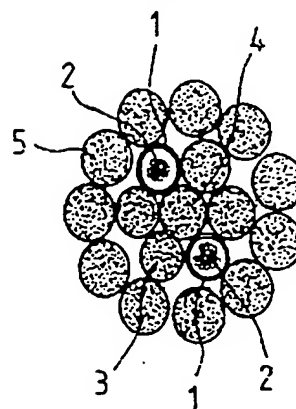
FIG\_1



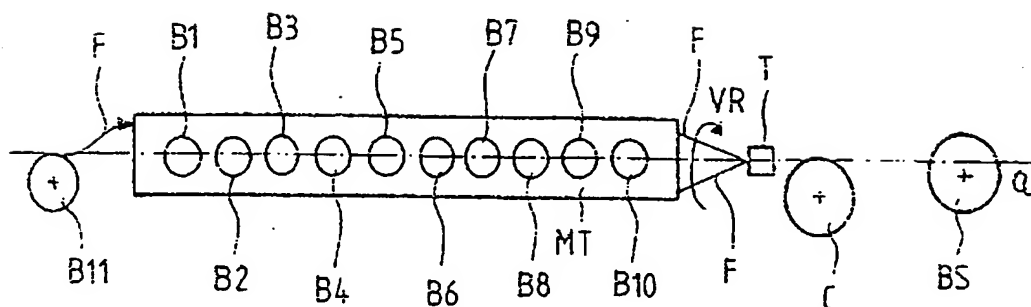
FIG\_4



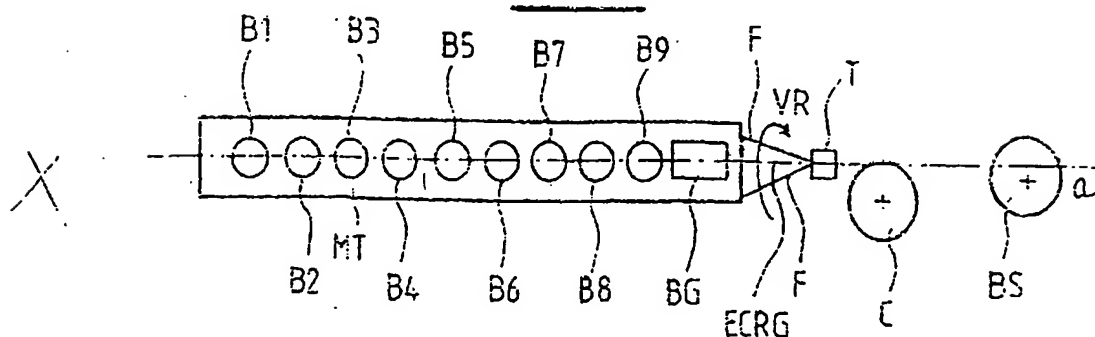
FIG\_5



FIG\_2



FIG\_3



2/2

FIG. 6

